## Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen.

Von

### Dr. Max Franke.

Hierzu Tafel XVI. und XVII.

1. Erst in neuerer Zeit hat man begonnen der Verwachsung von Pflanzentheilen wissenschaftliche Aufmerksamkeit zu schenken, während man früher sich begnügte derartige Vorkommnisse als Curiosa zu beschreiben, ohne ihren entwicklungsgeschichtlichen Hergang zu studiren.

Wie auf vielen anderen Gebieten war es auch hier Göppert, welcher durch seine 1842 zu Bonn erschienene Abhandlung: "Ueber das sogenannte Ueberwallen von Tannenstöcken" der Forschung ein neues, reiches Feld eröffnete. In dieser botanisch und forstwirthschaftlich gleich wichtigen Arbeit unterzog Göppert die 1835 von Reum zuerst erkannte Verwachsung der Wurzeln im Walde einer genaueren wissenschaftlichen Untersuchung. Seitdem hat er, wie viele diesbezügliche Mittheilungen und Abhandlungen 1) beweisen, den Gegenstand nie aus den Augen verloren. Nach ihm veröffentlichten Andere, so z. B. Kehrer<sup>2</sup>), Nobbe<sup>3</sup>), Rossmässler<sup>4</sup>),

<sup>1)</sup> cf. Göppert: "Ueber die Ueberwallung von Tannenstöcken." Bot. Ztg. 1846 p. 505-514.

Göppert: "Wachsen Rosen auf Eichen?" 31. Jahr.-Ber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Gultur 1853. p. 327.

Göppert: "Skizzen zur Kenntniss der Urwälder Schlesiens und Böhmens," Nova acta Caes. Leop. Carol. Vrat. Vol. XXXIV. Dresden 1868.

Göppert: "Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher." Cassel 1874.

<sup>2)</sup> cf. Ed. Kehrer: "Ein seltener Baum im Odenwalde." In "Die Natur" v. Dr. O. Ule u. Dr. K. Müller. Halle 1863 Bd. XII. p. 228.

<sup>3)</sup> cf. Döbener's: "Lehrbuch der Forstbotanik" bearb. v. Prof. Dr. Nobbe. Berlin 1880.

<sup>4)</sup> cf. Rossmässler: "Aus der Heimath" 1861 p. 26.

Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Band III. Heft III.

Schemler<sup>1</sup>) und jüngst C. F. Seidel<sup>2</sup>) einschlagende Beobachtungen. In knapper und übersichtlicher Form findet man auch einige interessante Verwachsungsvorkommnisse von Maxwell T. Masters mitgetheilt<sup>3</sup>).

Die grosse Mehrzahl der bis jetzt über Verwachsungen angestellten Untersuchungen waren makroskopische und bezogen sich auf ältere Pflanzentheile, so dass es zeitgemäss erscheinen musste, auch mikroskopische Untersuchungen anzustellen mit gleichzeitiger Berücksichtigung junger Pflanzentheile.

Hierzu veranlasste mich mein hochverehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. F. Cohn, welchem ich für die vielfache Unterstützung bei dieser im pflanzenphysiologischen Institut der Breslauer Universität gemachten Arbeit meinen aufrichtigen Dank sage.

Ich habe mich auf die Untersuchung von Wurzelverwachsungen beschränkt, da mir hierfür reichlicheres Material zu Gebote stand. Doch war es mir nicht möglich Verwachsungen jüngster Baumwurzeln im Walde zu finden, trotz eifrigen Suchens besonders auch in dem an interessanten Verwachsungen so reichen Forstreviere Zobten. Dagegen boten die Luftwurzeln von Tecoma radicans, Hedera Helix, Hoya carnosa treffliches Material für diese Untersuchungen.

- 2. Nach dem Alter der sich vereinigenden Pflanzentheile lassen sich 3 Fälle unterscheiden:
  - I. die Verwachsung von Pflanzentheilen bei ihrer Anlage, congenitale Verwachsung,
  - II. die Verwachsung von Pflanzentheilen mit entwickelungsfähiger Epidermis,
  - III. die Verwachsung von Pflanzentheilen, bei denen Borkenbildung eingetreten ist.

Nur die unter Abschnitt III fallenden Verwachsungsvorkommnisse sind bis jetzt genauer untersucht und beschrieben worden.

Ausser dem Alter der verwachsenden Theile ist zu berücksichtigen: wie und warum werden Verwachsungen verursacht? erleiden

<sup>1)</sup> cf. C. L. Schemler in: "Aus der Heimath" 1861 p. 460.

<sup>2)</sup> cf. C. F. Seidel: "Ueber Verwachsungen von Stämmen und Zweigen von Holzgewächsen und ihren Einfluss auf das Dickenwachsthum der betreffenden Theile." In Sitz. Ber. d. naturf. Gcs. "Isis" zu Dresden Jahrg. 1879. Juli-December p. 161—168.

<sup>3)</sup> cf. Maxwell T. Masters: "Vegetable Teratology, an account of the principal deviations from the usual construction of plants." London 1869 p. 32—57.

die betreffenden Theile Veränderungen in anatomischer wie physiologischer Hinsicht? zwischen welchen Pflanzen resp. Pflanzentheilen können Verwachsungen vorkommen?

Im Folgenden soll die Beantwortung einiger dieser Fragen gestützt auf frühere und eigene Untersuchungen versucht werden.

#### I. Congenitale Wurzelverwachsung. Tecoma radicans Juss.

3. Luftwurzelbüschel. Die Bildung der adventiven Luftwurzeln ist bei Tecoma radicans streng localisirt und beschränkt sich auf einen kleinen Theil eines jeden Internodiums. Der glatte kletternde Stamm ist kreisrund; doch verbreitert er sich an den Stellen, wo sich die unpaarig gefiederten, in decussirten Quirlen stehenden Blätter auszweigen, so dass er im Querschnitte mehr oder weniger oval erscheint. Hier treten bei genügender Beschattung in vier Längsbüscheln, je zwei an der Vorder- und Hinterseite, die Luftwurzeln hervor, welche von der Blattbasis abwärts an Zahl und Grösse abnehmen. Normal ausgebildet besteht jedes dieser Längsbündel aus vier Wurzelreihen (Taf. XVI. Fig. 1), die ursprünglich mit einander verwachsen, sich trennen, bald nachdem sie die Epidermis des Mutterstammes durchbrochen haben. Auch die Würzelchen einer jeden Längsreihe sind unter sich verschmolzen und lösen sich bedeutend später von einander als die Wurzelreihen selbst; oft bleiben einige während ihrer ganzen Vegetationszeit mit einander verbunden. Beide, Wurzelreihen und Würzelchen, sind vor ihrer gänzlichen Trennung noch auf eine kurze Strecke hin durch ein dichtes Gespinnst von Wurzelhaaren lose vereinigt. Zwischen den beiden vorderen und hinteren Wurzelcomplexen fehlt dem Stamm jegliche Fähigkeit derartige Sprosse zu treiben; auch zeigt er an diesen Stellen einen abweichenden anatomischen Bau (Taf. XVI. Fig. 2).

Bei kräftiger Vegetation setzen sich die Wurzelbüschel auch über die Anheftungsstelle des Blattes hinaus in das nächst höhere Internodium, freilich nur auf eine kurze Strecke hin, fort. Ebenso bemerkt man im Querschnitt zuweilen statt vier Wurzeln deren fünf, selten mehr, was auf eine Art falscher Dichotomie einzelner Würzelchen zurückzuführen ist. Wenn derartige Verzweigungen sich bei einer Anzahl unter einander stehenden Luftwurzeln nach derselben Richtung hin wiederholen, so beobachtet man in einem Wurzelbündel statt vier Wurzelreihen deren fünf oder mehr.

In anderen Fällen, bei schwächerer Wurzelbildung sind nicht alle vier Wurzelcomplexe und in ihnen nicht alle vier Wurzelreihen entwickelt. An den, dem Lichte ausgesetzten Stellen bleibt häufig die Ausbildung der Luftwurzeln zurück, oft so sehr, dass sie sich nicht einmal als leichte Wülste an der Oberfläche des Stammes bemerklich machen. Die Anlagen der Wurzeln aber lassen sich unter dem Mikroskope in den meisten Fällen erkennen: sie heben sich als dunklere Zellkomplexe von dem umgebenden Gewebe des Mutterstammes ab.

Die Länge der Wurzelreihen und damit die Anzahl der Adventivwurzeln ist sehr verschieden; oft kann man gegen 40 in einer einzigen Reihe zählen, andere Male hingegen nur wenige. Zumeist sind die beiden inneren Reihen eines Büschels länger als die äusseren.

Wie die einzelnen Wurzelreihen, so sind auch die Wurzelbündel stets ungleichmässig entwickelt. Diejenigen werden die kräftigsten, welche am wenigsten dem Lichte ausgesetzt sind, in den meisten Fällen also die, welche auf der der Mauer oder dem Substrate überhaupt anliegenden Stammseite entspringen. Die der Mauer anliegenden Wurzelcomplexe breiten sich später auseinander; ihre einzelnen Würzelchen verlängern sich bedeutend und treiben lange Wurzelhaare, vermöge deren sie sich fest an das Substrat anschmiegen und den kletternden Stamm an die Unterlage anheften.

An frei wachsenden Aesten stehen die Vorder- und Hinterseite eines Internodiums, welche durch gänzliches Fehlen oder doch starkes Zurücktreten der Holzgefässe charakterisirt sind, in der Richtung der Blätter des nächst höheren und des nächst niederen Internodiums. Wenn sich dagegen der Stengel an das Substrat anschmiegt, dreht sich das nächst jüngere Internodium um 90° so um seine Axe, dass die zweiblättrigen, alternirenden Blattwirtel scheinbar superponirt sind.

4. Anatomie des Stammes. Im Querschnitt (Taf. XVI. Fig. 3) zeigt sich der Stamm von T. radicans folgendermassen zusammengesetzt. In die euticularisirte, gebräunte Epidermis sind Spaltöffnungen und Köpfchendrüsen mehr oder weniger tief eingesenkt. Diese sind trichterförmig, kurz gestielt und werden aus vier oder einem Multiplum von vier Zellen gebildet. Von oben gesehen sind die Drüsen kreisrund; die sie zusammensetzenden, keilförmigen Zellen sind an der Peripherie breiter und vereinigen sich, gegen das Centrum schmaler werdend, zu einem kurzen röhrenförmigen Stiele.

Auf das unter der Epidermis lagernde zwei- bis dreireihige, ehlorophyllhaltige Hypoderm folgt ein 6—10 Zellschichten mächtiges Rindenparenchym. Hieran schliesst sich das nach aussen scharf abgegrenzte Fibrovasalbündelsystem, worin die gewöhnlichen Elemente zu unterscheiden sind: nach aussen das Phloem mit einzelnen Hartbastbündeln, Siebröhren und Bastparenchym; nach innen das Xylem

mit Holzparenchym, Holzfaserzellen und Holzgefässen. Zwischen Holz und Bast liegt das Cambium.

Der Hartbast besteht aus Bündeln stark sclerenchymatisch verdickter Zellen und stösst in mehr oder weniger regelmässiger Anordnung an das Rindenparenchym. Die Holzgefässe sind ringförmig oder spiralig verdickt; die Spiralen sind in einigen rechts-, in anderen linksgewunden, in noch anderen kommen doppelte Spiral-Fasern vor. Der Xylemring ist an zwei Stellen, der Vorder- und Hinterseite des Stengels, entweder ganz unterbrochen, oder doch so schwach entwickelt, dass sich hier der Markcylinder mehr oder weniger stark ausbauscht; dieser sendet zwischen den Holzring hindurch bis in den Bast ein- oder zweireihige Markstrahlen, welche das ganze Gefässbündelsystem eines Internodiums der Länge nach durchsetzen.

- 5. Endogenes Gefässbündelsystem. An der Innenseite des normalen Gefässbündelsystems entdeckte Sanio 1) das Auftreten eines secundären Zuwachsringes. Dieser fehlt nur an den Stellen, welche durch den Mangel oder das Zurücktreten der Xylemgefässe characterisirt sind und, wie gesagt, den Anheftungsstellen der Blätter des nächst höheren Internodiums entsprechen. - An der Markseite der Bündel des einfachen Gefässbündelringes, dessen Cambium nach aussen Bast, nach innen Holz bildet, befinden sich enge, zartwandige, verlängerte Phloem-Zellen. Sie werden von den Gefässbündeln getrennt, indem die diesen am nächsten gelegenen Zellen sich periclinisch theilen; es entstehen so zwischen dem inneren Phloembündel und dem ursprünglichen Fibrovasalbündelsystem Cambiumpartien, welche dadurch in Verbindung treten, dass die sie trennenden Parenchymzellen des Markes sich ebenfalls periclinisch theilen. Hierdurch kommt es zur Ausbildung einer inneren, secundären Cambiumzone, welche, an jenen beiden Stellen unterbrochen, nach aussen Xylem mit den gewöhnlichen Elementen, nach innen Phloem und zwar vorzüglich Weichbast, Siebröhren und Bastparenchym, entwickelt.
- 6. Stärkeschicht. Gegen das Rindenparenchym hin wird das Gefässbündelsystem deutlich abgegrenzt durch eine meistens ein-, zuweilen zweireihige Zellschicht. Ihre Zellen sind im Längsschnitt (Taf. XVI. Fig. 4) kürzer und schmaler als die daran stossenden Rindenzellen und erfüllt mit verhältnissmässig grossen Stärkekörnchen. Diese "Stärkeschicht" (Sachs) zieht sich wellenförmig, den Hartbastbündeln unmittelbar aufliegend, um das Fibrovasalbündelsystem hin und dürfte als gemeinsame Gefässbündelscheide aufzufassen

<sup>1)</sup> cf. Sanio: "Endogene Gefässbündelbildung." Bot. Ztg. 164, p. 228.

sein 1). Sie hat die Form der "äusseren Gesammtschutzscheide" (Pfitzer), wie sie im Stamme einiger Arten von Equisetum vorkommt 2) z. B. bei E. Telmateja, arvense etc., so dass der von der Stärkeschicht umgebene innere Stammtheil von T. radicans einer mehr oder weniger regelmässig cannellirten Säule gleicht. Ihren wellenförmigen Verlauf verdankt die Stärkeschicht den gegen das Rindenparenchym vorgeschobenen Hartbastbündeln, welche kreisförmig geordnet an der Aussenseite des Gefässbündelringes stehen. Die Zellen der Stärkeschicht stossen ohne Intercellularräume sowohl an die Zellen des Bastes als auch an die der Rinde. Ihre Zellwände sind weder cuticularisirt noch dunkler gefärbt als diejenigen der übrigen Rindenzellen; auch zeigen sie keine Casparischen Punkte.

Die Stärkeschicht begleitet das Fibrovasalbundelsystem auch noch eine Strecke in seine Auszweigungen in die Blätter, verschwindet aber allmählich und kann nie in den Blattstielen beobachtet werden, ebensowenig wie in den Luftwurzeln; dagegen ist sie in allen Aesten vorhanden.

7. Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln. Die Adventivwurzeln entstehen in vier theilungsfähigen Längsreihen des Cambiums, und zwar scheinen die ersten Theilungen in den äusseren Cambiumzellen stattzufinden, während erst später auch die inneren sich am Aufbau der Luftwurzel betheiligen (Taf. XVI. Fig. 6). Jede dieser vier Reihen wächst eine Zeit lang durch eine gemeinsame Scheitelkante in ihrer ganzen Länge, indem ihre Zellen eine Zeit lang sich ohne Ordnung nach allen Richtungen hin vermehren und zwar an der Blattbasis stärker als weiter abwärts; so dass günstigenfalls man an einem Stammstücke die gesammte Entwickelung der Luftwurzeln verfolgen kann. Später treten an dieser Scheitelkante in basifugaler Richtung (von der Ansatzstelle der Blätter gerechnet) gesonderte Vegetationspunkte auf, die sich zu Beiwurzeln selbstständig weiter entwickeln. In frühen Stadien der Entwickelung einer

<sup>1)</sup> Sachs, welcher die Stärkeschicht im Pflanzenreiche zuerst entdeckte, identificirte sie anfangs (cf. "Ueber das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen." Bot. Ztg. 1859 No. 20 u. 21 p. 188) mit der Schutzscheide. In einer späteren Abhandlung ("Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellwände liefern." Jahrb. für wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. III. p. 194) dagegen hält er die Identificirung von Stärkeschicht mit einer Gefässbündel- oder Schutzscheide nicht in allen Fällen als zulässig. Auch Dr. F. Kamieński: "Vergleichende Anatomic der Primulaceen." Halle 1878, p. 78 fand in den Stengeln einiger Primulaceen eine derartige Stärkeschicht, die er ebenfalls für eine Gefässbündelscheide hält.

<sup>2)</sup> cf. Pfitzer: "Ueber die Schutzscheide der deutschen Equiseten." Jahrb. f. wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. VI. p. 307.

solchen Wurzelreihe sieht man im Querschnitte durch dieselbe einen in lebhafter Vermehrung begriffenen Zellcomplex, worin die einzelnen Gewebe des Wurzelscheitels sich noch nicht differenzirt haben. Später dagegen können wir Plerom, Periblem und Dermatogen besonders deutlich an Wurzelreihen unterscheiden, welche in Folge starker Beleuchtung abortirt sind (Taf. XVI. Fig. 5). Für Plerom und Periblem konnte ich im Längsschnitt durch die Wurzel je 2 Initialen constatiren, von denen die des Periblems bald Theilungen in pericliner Richtung erleiden, so dass dieses am Wurzelscheitel mehrreihig, meist dreireihig wird. Das Plerom grenzt sich deutlich gegen das übrige Gewebe der jungen Luftwurzelnab, welche im Bau ihres Scheitels denen von Hoya carnosa, nach Erikson¹), ähnlich sind.

Im Querschnitte zeigen die Adventivwurzeln folgende Zusammensetzung (Taf. XVI. Fig. 8). Die Epidermis cuticularisirt und bräunt sich später; viele ihrer Zellen wachsen zu langen einzelligen Haaren aus, besonders wenn die Wurzeln dem Substrate anhaften. Unter der Epidermis liegt ein einschichtiges Hypoderm, dessen Zellen, grösser als die der Epidermis und der Rinde, in radialer Richtung lang gestreckt sind. Ihre seitlichen Zellwände sind anticlinisch gestellt. Die innerste Zellreihe des acht- bis zehnreihigen Rindenparenchyms ist deutlich als Endodermis ausgebildet. Die Zellen derselben sind länglich, die Zellwände cuticularisirt und dunkler gefärbt als die der übrigen Rinde, doch sind keine Casparischen Punkte zu bemerken. Den Centralcylinder umgiebt eine ununterbrochene rhizogene Schicht, an welche unmittelbar die vier kreuzweise stehenden Xylemplatten stossen. Zwischen ihnen liegen vier, ebenfalls kreuzförmig geordnete Phloembündel, deren vier bis sechs Zellen in zwei Reihen liegen, und deren Zellmembranen stärker glänzen als die der umgebenden Zellen des Centralcylinders. Den übrigen Raum desselben zwischen Phloem und Xylem nimmt Prosenchymgewebe ein, welches im Laufe der weiteren Entwickelung eine Veränderung erleidet; die Zellen zwischen zwei gegenüberliegenden Holzstrahlen verdicken ihre Membranen; diese den Centralcylinder durchsetzende Verdickungsleiste verbreitert sich in der Mitte und erreicht endlich die beiden anderen Holzplatten. Es gleicht nunmehr der verdickte Theil des Centralkörpers der Luftwurzel im Querschnitt einem an zwei Ecken stärker zugespitzten Rhombus mit eingebogenen Seiten; in diesen Einbuchtungen liegen die Phloembündel.

<sup>1)</sup> cf. Erikson: "Ueber das Urmeristem der Dicotylenwurzel." Jahrb. f. wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. XI. p. 423 u. 428.

8. Verwachsung der Luftwurzeln. Wir fanden, dass eine rhizogene Längszone des Cambiums eine Zeit lang durch eine gemeinsame Scheitelkante wächst, dass aber später selbstständige Vegetationspunkte für die einzelnen Wurzeln auftreten. Hierdurch wird bedingt, dass die Würzelchen bei ihrer Anlage am Grunde mit einander zu einem gemeinsamen Muttergewebe verwachsen sind. Auch nachdem sich bereits die verschiedenen Wurzelscheitel differenzirt haben, wächst die rhizogene Längszone noch eine Zeit lang weiter. Zugleich erzeugt das Meristem jeder Wurzelspitze neue Gewebselemente, so dass die Wurzeln sich auch in die Breite ausdehnen. Die Periblemschichten der Luftwurzeln sind in Folge dessen zu einem gemeinsamen Parenchym vereinigt, in welchem die Pleromcylinder serial geordnet liegen. Auch die Dermatogenschichten der einzelnen Wurzeln sind mit einander verwachsen, so dass sich über alle Wurzeln derselben Reihe eine gemeinsame Haube zieht (Taf. XVI. Fig. 7). Legt man einen Querschnitt durch eine so verwachsene Wurzelreihe, so sieht man bei schwacher Vergrösserung die dunkleren Centralcylinder umgeben von einem gemeinsamen gleichmässigen Rindenparenchym, einem gemeinsamen Hypoderm und einer gemeinsamen Epidermis (Taf. XVI. Fig. 9).

Niemals ist eine Verwachsung zweier Centralcylinder, sobald sich diese in den einzelnen Wurzeln deutlich herausgebildet haben, zu constatiren. Zwar findet man nicht selten bei der Musterung eines Querschnittes durch ein Wurzelbündel, dass zwei Plerome im Begriff sind sich von einander zu trennen; doch beruht dieser Vorgang auf einer Pseudo-Dichotomie. Neben dem Vegetationskegel einer Wurzel tritt in dem theilungsfähigen Gewebe der Scheitelregion ein secundärer auf. Dieser entwickelt sich selbstständig weiter und empfängt von der benachbarten Schwesterwurzel Gefässbündelelemente. Eine Verletzung des primären Vegetationspunktes, wodurch häufig bei Wurzeln derartige Endverzweigungen eintreten, habe ich nicht beobachten können. Machen solche Dichotomieen sich an mehreren aufeinanderfolgenden Wurzeln derselben Reihe geltend, wie es bei energischer Wurzelbildung vorkommt, so beobachtet man mehr als die vier normalen Wurzelreihen. Die Wurzeln einer secundären Reihe brauchen jedoch nicht immer Auszweigungen der Wurzeln derselben Reihe zu sein: es können Wurzeln der einen Reihe sich nach links, Wurzeln der benachbarten Reihe sich nach rechts verzweigen. Diese Auszweigungen werden später durch den seitlichen Druck in eine Reihe gestellt.

Die Art der Verwachsung der Wurzeln derselben Reihe bei T. radicans ist nicht zu identificiren mit der Entstehung der sogenann-

ten einblättrigen Blumenkronen. Hier werden in den meisten Fällen nach der jetzt allgemein herrschenden Ansicht die Petalen und die ihnen superponirten Stamina am Blüthenboden gesondert angelegt, auch wenn sie später, mit vereinter Basis sich nachschiebend, am Grunde verwachsen sind; die primären Anlagen der Blätter sind daher gesondert. Bei T. radicans dagegen differenziren sich die einzelnen Wurzelscheitel später aus dem ursprünglich gemeinsamen rhizogenen Meristem. Ein Analogon dagegen findet die congenitale Wurzelverwachsung in der Entwickelung der Blätter der Equiseten; auch hier wächst bekanntlich anfangs eine Ringzone gemeinsam, später treten in ihr Vegetationspunkte auf, die sich zu Blattzähnen entwickeln<sup>1</sup>).

Neben der congenitalen Verwachsung der Luftwurzeln derselben Reihe beobachtet man bei *T. radicans* die von jener zu unterscheidende Vereinigung der Wurzeln benachbarter Reihen.

Zwischen je zwei dieser Reihen liegen in allen Fällen Hartbastbündel, welche ganz besonders zur Trennung der einzelnen Wurzelreihen beitragen. Bei dem energischen Wachsthum der rhizogenen Schichten und später der einzelnen Wurzeln schieben sich die Wurzelreihen zwischen den Hartbastbündeln durch, diese in die Länge ziehend (Taf. XVI. Fig. 10). Das Meristem des Wurzelscheitels liefert neue Rinden- und Haubenschichten, welche die Hartbastbündel immer mehr zusammendrücken, so dass diese zerreissen und nun der Vereinigung des Periblems und des Dermatogens der Wurzeln der einen Reihe mit den entsprechenden Geweben der Wurzeln der benachbarten Reihe keinen Widerstand mehr entgegensetzen. Wie bei den Wurzeln derselben Reihe, so bilden auch hier die Haubenschichten in Folge späterer Vereinigung ein sich über alle Wurzeln fortsetzendes, schützendes Gewebe. Auch die Rindenschichten sind am Scheitel vereinigt, dagegen ist die Trennungslinie zwischen den einzelnen Reihen schon früh an den langgezogenen Hartbastbündeln zu erkennen.

Während die Wurzeln derselben Reihe von Anbeginn ihrer Entstehung mit einander verwachsen sind, vereinigen sich die Wurzeln benachbarter Reihen erst nachträglich, doch schon innerhalb des Stammes. Die Verwachsung der Wurzeln derselben Reihe ist inniger, d. h. erstreckt sich auf mehr Schichten der Rinde als die bei Wurzeln verschiedener Reihen. In Folge dessen lösen sich denn

<sup>1)</sup> cf. auch Warming und Lad. Celakovsky: "Ueber die Blüthenwickel der Boragineen." Flora Jahrg. 63. 1880 No. 23, p. 364 u. 365. Reinke: "Lehrbuch der allgemeinen Botanik." Berlin 1880 p. 144.

auch zuerst die einzelnen Reihen von einander, dann die Wurzeln derselben Reihe.

Fehlt, wie es zuweilen vorkommt, zwischen zwei Wurzelreihen das Hartbastbündel, so kann die Verwachsung jener schon sehr früh eintreten und sehr innig werden, ich glaube sogar, dass in diesem Falle congenitale Verwachsung solcher benachbarter Wurzelreihen stattfinden kann. Auf einem Querschnitte durch den Tecomastamm an der Stätte der Luftwurzelbildung beobachtet man zuweilen einen in lebhafter Theilung begriffenen Zellcomplex, worin sich noch nicht verschiedene Wurzelscheitel differenzirt haben, trotzdem sie später auftreten, wie sich aus dem Vergleiche mit Querschnitten aus höheren Regionen deutlich ergiebt. - Jedenfalls sind innerhalb des Mutterstammes und noch etwa bis auf 0,5 mm. ausserhalb desselben sämmtliche Wurzeln eines Bündels mit einander verwachsen, theils in Folge congenitaler, theils durch nachträgliche Vereinigung. Der Querschnitt durch eine solche Region des Wurzelbüschels zeigt ein gleichartiges Grundgewebe mit gemeinsamer Epidermis und gemeinsamem Hypoderm. Die Centralcylinder liegen zerstreut in dem Grundgewebe, so dass das Bild einem Querschnitte durch einen Monocotylenstamm vergleichbar wäre, wenn die Centralcylinder nicht eine seriale Anordnung in vier Reihen erkennen liessen.

Ausser der Vereinigung der Beiwurzeln unter einander beobachtet man bei ihrem Hervorsprossen die Verwachsung der adventiven Wurzeln mit dem theilungsfähigen Gewebe des Mutterstammes. Diese Erscheinung ist jüngst durch H. Vonhöhm¹) als bei derartigen Vegetationsverhältnissen allgemein gültig gefunden und beschrieben worden. Die Verschmelzung der jungen Wurzel mit dem Gewebe des Mutterstammes kann eine so innige sein, dass in einer gewissen Region eine deutliche Grenze zwischen beiden nicht zu erkennen ist. Das zwischen zweien solcher Reihen liegende Cambium und Phloem des Tecomastammes bildet, sich weiter theilend, ein interradiculäres, die Vereinigung benachbarter Wurzelreihen begünstigendes Gewebe. Dieses stammeigene Zwischenparenchym verbindet die Reihen am Grunde und lässt hier keine Trennungslinie beobachten, welche, wie oben gesagt, in einer höheren Region durch die langgezogenen Hartbastbündel gekennzeichnet ist.

Wir hätten somit festgestellt, in welchem Alter und auf welche Weise die Verwachsung der Luftwurzeln bei T. radicans vor sich

<sup>1)</sup> cf. H. Vonhöhm: "Hervorbrechen endogener Organe aus dem Mutterkörper." Flora Jahrg LXIII. 1880. No. 15—17.

geht. Die Wurzeln vereinigen sich in Folge von Mangel an Raum, was wiederum bedingt wird durch ihre massenhafte, eng bei einander erfolgende Entwickelung. Die Vereinigung ist eine unvollkommene d. i. Rindenverwachsung, woraus sich die im Ganzen und Grossen gleichartige Ausbildung der einzelnen Wurzeln erklärt.

Innerhalb des Stammes und etwa noch bis auf 0,5 mm. ausserhalb desselben sind die Wurzeln eines Bündels sammt und sonders mit einander verwachsen. Bald aber, nachdem sie die Rinde des Stengels durchbrochen und im Freien genügenden Raum zur Entwickelung erlangt haben, beginnen sie sich von einander zu trennen. Die einzelnen Wurzeln, besonders die der Mauer anliegenden, wachsen dann sehr in die Länge (sie werden 2 cm. lang, zuweilen noch länger), wobei sie sich wieder nähern können und neben einander hinwachsen. Es ist mir jedoch nicht gelungen eine Verwachsung zweier Wurzeln in diesem Alter zu beobachten, trotzdem sie keineswegs unwahrscheinlich ist. Sie müsste sich in derselben Weise vollziehen, wie die ausserhalb des Stammes stattfindende Vereinigung der Luftwurzeln von Hedera und Hoya (siehe unten).

9. Trennung der Luftwurzeln. Unter normalen Verhältnissen beginnt die Trennung der Beiwurzeln mit der Trennung der einzelnen Reihen von einander. Wenn, wie es zuweilen geschieht, zwischen den Wurzelreihen keine trennenden Hartbastbündel vorhanden sind, die Verwachsung in Folge dessen eine innige ist, kann die Vereinigung von Wurzeln benachbarter Reihen länger dauern als die von Wurzeln derselben Reihe. Ich beschränke mich jedoch auf die normalen Fälle. Die Trennung der Wurzelreihen geschieht naturgemäss von aussen nach innen: die beiden äusseren Wurzelreihen, indem sie nach rechts und links auseinander weichen, trennen sich zuerst von den beiden mittleren, welche längere Zeit mit einander vereinigt bleiben. In gleicher Direction geht die Trennung der Wurzeln derselben Reihe vor sich, von aussen nach innen d. i. von oben und unten nach der Mitte zu. Im Vergleich zu der Loslösung der einzelnen Reihen von einander ist hier der Vorgang ein verhältnissmässig langsamer wegen des geringeren Raumes zur Ausbreitung und damit des stärkeren gegenseitigen Druckes, wodurch die Wurzeln derselben Reihe länger vereinigt bleiben als die einzelnen Wurzelreihen. Oft sind sogar während ihrer ganzen Vegetationszeit, die in unseren Gärten freilich nur auf ein Paar Monate beschränkt ist, mehrere Wurzeln mit einander auch ausserhalb des Stammes verwachsen.

Einen genaueren Einblick in diesen Vorgang erhalten wir durch

die mikroskopische Untersuchung (Taf. XVI. Fig. 11). Während an der Spitze der einzelnen Wurzeln das Wachsthum durch Zellvermehrung am Vegetationspunkte energisch fortschreitet, erlischt es nach der Basis zu allmählich, um endlich ganz aufzuhören. Die nicht mehr theilungsfähigen Zellpartien in der Nähe der Wurzelbasis erleiden eine bedeutende Streckung in die Länge, während ihr Dickenwachsthum verhältnissmässig zurückbleibt. Schliesslich entsteht zwischen je zwei Wurzeln ein Riss durch das verbindende Rindengewebe. Auch diese Risse schreiten von aussen nach innen vor. Die entblössten Zellen sterben ab, ihre Membranen bräunen sich. Zugleich aber machen sich in einigen darunter liegenden Zellschichten des Rindenparenchyms Theilungen in tangentialer Richtung geltend, wodurch dem weiter fortschreitenden Absterben der äussersten Zellen ein Ziel gesetzt wird. Eine Zellschicht an jeder Wurzel bildet sich zur Epidermis aus, deren äussere Membranen cuticularisiren. Die darunter liegende Schicht wird Hypoderm. Ihre Zellen strecken sich in radialer Richtung und ihre seitlichen Scheidewände stellen sich anticlinisch. Einzelne Epidermiszellen endlich wachsen zu einzelligen Wurzelhaaren aus, welche im Verein mit denen der benachbarten Wurzeln ein die Wurzeln auch noch nach ihrer eigentlichen Trennung verbindendes Geflecht bilden.

# II. Verwachsung von Wurzeln mit entwickelungsfähiger Epidermis. A. Hedera Helix L.

10. Anatomie des Stammes. Was die anatomischen Verhältnisse des Stammes von Hedera Helix anbetrifft, so mögen hier nur die beiden Systeme harzführender Intercellulargänge erwähnt werden. Von aussen nach innen vorschreitend treffen wir zunächst auf die im Rindenparenchym befindlichen Harzgänge, welche in regelmässiger Anordnung über dem Gefässbündelringe stehen. Die jeden Gang umgrenzenden Zellen können sich in tangentialer Richtung theilen und so eine doppelte Epitelialschicht um jenen bilden 1). Das andere System von Intercellulargängen beobachtete Trécul 2) im Markparenchym. Die Zahl dieser Intercellulargänge ist geringer als die der Saftgänge in der Rinde, doch ist ihre Anordnung ebenfalls kreisförmig und zwar so, dass einem inneren Gange ein äusserer

<sup>1)</sup> ef. Sachs: "Lehrbuch der Botanik." Leipzig 1874. Fig. 66 p. 79.

<sup>2)</sup> cf. M. A. Trécul: "Des vaissaux propres dans les Araliacées," An. d. sc. nat. Bot. Ser. V. T. VII, p. 60.

im Parenchym der Rinde gegenüberliegt. Holz- und Bastkörper zeigen die gewöhnlichen, characteristischen Elemente.

11. Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln. Die Beiwurzeln entstehen, wie Regel<sup>1</sup>) beobachtete und beschrieb, aus dem Cambium an der Seite eines Fibrovasalstranges (Taf. XVII. Fig. 13).

Die Anatomie der Luftwurzeln wurde von van Tieghem<sup>2</sup>) näher studirt (Taf. XVII. Fig. 12). Das Rindenparenchym der Luftwurzeln, deren Epidermiszellen häufig zu langen Haaren auswachsen, besteht aus mehreren Zellreihen, deren Zellen bei stärkerer Vergrösserung fünf bis sechsseitige Intercellularräume zwischen sich Ausserdem finden sich zerstreut kleinere cubische Zellen, welche meist eine morgensternartige Druse von Krystallen oxalsauren Kalkes einschliessen. Derartige Krystalldrusen kommen auch in der Rinde und dem Bastparenchym des Mutterstammes vor. innerste Schicht des Rindenparenchyms der Wurzel bildet die Endodermis, deren Zellmembranen stark cuticularisirt und gebrännt sind. Der Centralcylinder beginnt mit einer rhizogenen Schicht und enthält die in die Ecken eines Pentagons gestellten fünf Xylemplatten und zwischen diesen, in den Mitten der Pentagonseiten die fünf Phloembündel. Erstere werden von drei bis vier engen, radial gestellten Gefässen zusammengesetzt, letztere bilden eine runde Gruppe von fünf bis sechs weiteren Zellen. Diese stehen in zwei Reihen, haben dünnere, doch glänzendere Membranen als die umgebenden Zellen und einen trüben Inhalt. Nach dem Centrum hin sind die Gefässe verbunden durch ein Gewebe pentagonaler Zellen, welche im Laufe der Zeit ihre Wände stark verdicken, so dass der Centralcylinder einem fünfseitigen Prisma mit eingebogenen Seitenflächen und vorspringenden Kanten, gebildet durch die Xylemplatten, gleicht. Auf den Seiten des Pentagons wird die rhizogene Schicht aus einer Reihe gewöhnlicher Zellen gebildet, doch an den Ecken, gegenüber den Holzstrahlen, ist sie durchbrochen. An diesen Stellen befindet sich je ein saftführender Gang, welcher von vier grösseren Zellen begrenzt wird.

Diese Beschreibung modificirt sich für eine Anzahl Luftwurzeln des Epheus. Die Zahl der Holzstrahlen sowohl als auch die der Bastbündel und die der Oelgänge ist nicht so constant, wie van Tieg-

<sup>1)</sup> cf. Fr. Regel: "Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern entwickelungsgeschichtlich verfolgt." Jen. Zeitschrift f. Med. u. Naturw. 1876. B. X. p. 489.

<sup>2)</sup> cf. Ph. van Tieghem: Recherches sur la Symétrie de Structure des Plantes vasculaires." An. d. sc. nat. Bot. S. V. T. XIII. p. 231 u. 243.

hem beschreibt; man hat häufig Gelegenheit, auch vier, sechs, sogar sieben Xylemstrahlen und entsprechend so viele Phloembündel und Intercellulargänge zu beobachten. In einigen Fällen sind diese Gänge nicht von vier, sondern von fünf Zellen umgrenzt. Die im Querschnitte mehr oder weniger isodiametrischen Zellen des die Holzstrahlen verbindenden Gewebes stellen sich im Längsschnitt als prosenchymatische an den Enden zugespitzte Faserzellen dar. Sie verdicken, wie die entsprechenden Zellen der Luftwurzeln von Tecoma, ihre Wände sclerenchymatisch. Die Verdickung ist tüpfelartig durchbrochen, so dass die Zellen dieses inneren Gewebes durchaus den Bastfasern gleichen und wohl als Aequivalent des Hartbastes gelten können. Die Sclerenchymmassen in den Luftwurzeln des Epheus bilden eine canellirte Säule mit vier bis sieben Riefen und ebenso vielen Rillen. An die Riefen stossen unmittelbar die Xylemplatten jene zuspitzend, in den Rillen liegen die primären Bastbündel.

Das Wachsthum der Wurzelspitze fällt unter den von Erikson<sup>1</sup>) aufgestellten zweiten Typus, wonach am Vegetationskegel nur zwei von einander deutlich geschiedene Gewebe zu erkennen sind: Plerom und ein für Rinde und Haube gemeinsames Muttergewebe. Es sei hier übrigens erwähnt, dass die von Erikson und früher von v. Janczewski<sup>2</sup>) aufgestellten Typen für das Wachsthum der Dicotylenwurzeln von Flahault<sup>3</sup>) verworfen und auf einen gemeinsamen, für alle Dicotylenwurzeln geltenden zurückgeführt werden.

Die adventiven Wurzeln entwickeln sich nur auf der vom Lichte abgewendeten Stengelseite ohne Ordnung und Localisation und werden erst in Folge mangelhafter Beleuchtung angelegt. Jede Stengelseite ist unbeleuchtet befähigt, Beiwurzeln zu treiben, welche bis 4 cm. lang werden können.

12. Verwachsung der Luftwurzeln. Wenn im Laufe ihrer Entwickelung Epheuluftwurzeln sich begegnen, so wachsen an den einander genäherten Stellen viele Epidermiszellen derselben zu mehr oder minder langen Papillen aus (Taf. XVII. Fig. 14). Diese treffen später von entgegengesetzten Seiten zusammen, platten sich ab und verwachsen mit einander, wobei ihre Zellmembranen durch eine Art Intercellularsubstanz verkittet werden. Zugleich treten in beiden, in Verbindung getretenen Epidermiszellen mehr oder weniger

<sup>1)</sup> cf. Erikson l. c. p. 414.

<sup>2)</sup> cf. v. Janczewski: "Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanérogames." An. d. sc. nat. Bot. S. V. T. XX. p. 162-201.

<sup>3)</sup> cf. Flahault: "Recherches sur l'accroissement terminal des racines chez les Phanérogames," An. d. sc. nat. Bot. S. VI. T. VI.

regelmässige tangentiale und radiale Scheidewände auf, woraus ein verbindendes pseudoparenchymatisches Gewebe hervorgeht, welches in den meisten Fällen nur wenige Schichten hat. Auch die an den Berührungsstellen liegenden Zellen der Wurzelrinde erleiden Theilungen vorzüglich durch Periclinen (Taf. XVII. Fig. 15). Die äusseren Zellreihen des verbindenden Scheinparenchyms differenziren sich später zur Epidermis und treten mit den Epidermen der in Verwachsung begriffenen Wurzeln in unmittelbare Verbindung, so dass eine gemeinsame Oberhaut die vereinigten Theile umgiebt. Der hier geschilderte Verwachsungsprocess ist ähnlich der Verschmelzung des Sporogons von Anthoceros mit dem Thallus; hier wachsen die oberflächlichen Zellen des Fusses in Papillen aus; dieser grösseren oder geringeren Zahl von Papillen wächst in gleicher Weise das Gewebe des Archegoniumbauches entgegen 1); die Papillen beider stossen auf einander, platten sich ab und verwachsen zu einem Scheinparenchym.

In feuchter Atmosphäre, wo sich der Epheu durch besonders starke Luftwurzelentwickelung auszeichnet, verwachsen viele Beiwurzeln mit einander zu weissen, bartförmigen Massen. Im Querschnitt bietet ein solcher Wurzelklumpen ein ähnliches Bild wie der Querschnitt durch die Wurzelbündel von Tecoma, wenn die Trennung der einzelnen Luftwurzeln in ihnen noch nicht eingetreten ist. Doch mangelt bei Hedera dem Bilde die Regelmässigkeit der Anordnung der Centralcylinder und die Gleichmässigkeit des gemeinsamen Rindengewebes.

Die von den Verwachsungsflächen entfernteren Epidermiszellen wachsen in lange, einzellige Wurzelhaare aus, welche sich vielfach über die Schnittfläche des Präparates legen und die Deutlichkeit desselben häufig beeinträchtigen. Bei zahlreicher Entwickelung von Luftwurzeln kann man zuweilen, doch nur selten, schon innerhalb des Stammes die Vereinigung von Luftwurzeln mit ihrem Rindenparenchym beobachten. Zur Differenzirung eines gemeinsamen Dermatogens und Periblems an den Wurzelscheiteln kommt es hingegen nicht, ebenso konnte congenitale Verwachsung nicht constatirt werden: Die Wurzelanlagen sind getrennt, die Vereinigung erfolgt erst ausserhalb des Stammes und ist nur eine Rindenverwachsung.

Auch bei Hedera Helix verwächst die hervorbrechende Luftwurzel mit dem umgebenden, theilungsfähigen Gewebe des Mutterstammes.

<sup>1)</sup> cf. Leitgeb: "Untersuchungen über die Lebermoose." V. Heft "Die Anthoceroteen." Graz 1879. p. 23.

#### B. Hoya carnosa. R. Br.

13. Anatomie des Stammes. Im Querschnitte zeigt kletternde Stengel der Wachsblume folgende Zusammensetzung. Zellen der Epidermis, deren Cuticula reichliche Wachseinlagerung zeigt, sind verhältnissmässig klein und kurz. Auf die Epidermis folgt das etwa zehnschichtige, chlorophyllhaltige Rindenparenchym, dessen Zellen Intercellularräume zwischen sich lassen. Einzelne Zellen der innersten Reihen sind durch Krystalle oder morgensternartige Krystalldrusen von oxalsaurem Kalke ausgezeichnet. Das Leitsystem wird umgeben von einer meist einreihigen, gemeinsamen Stärkeschicht (Taf. XVII, Fig. 16), wie sie auch bei Tecoma beobachtet werden konnte. Die Zellen dieser ebenfalls als eine gemeinsame Schutzscheide zu betrachtenden Schicht sind im Längsschnitt (Taf. XVII. Fig. 18) nur wenig kürzer als die länglich parenchymatischen der übrigen Rinde. Die anfangs dünnen Membranen ihrer Zellen erfahren später eine starke Verdickung, welche nur an wenigen Zellen ausbleibt und durch zahlreiche Tüpfel durchbrochen ist. Mit Zunehmen der Verdickung verringern sich die Stärkekörnchen in den Zellen.

Unmittelbar unter der Schutzscheide folgt Bastparenchym, von welchem einzelne Zellen Krystalldrusen von oxalsaurem Kalke enthalten. In dem Bastparenchym zerstreut liegen im Kreise gestellt unter der Gefässbündelscheide die Hartbastbündel, welche aus getüpfelten Sclerenchymfasern zusammengesetzt sind. Der Weichbast unmittelbar über dem Cambiumringe enthält dünne Siebröhren. Auf das Cambium folgt der Holzring. Das Holz wird der Hauptsache nach aus Holzparenchym und getüpfelten Tracheiden gebildet. Das Holzparenchym macht den Eindruck, als ob es durch vielfache Querscheidewände aus langen prosenchymatischen Zellen hervorgegangen sei (Sanio's Fächerzellen). Gefässe kommen in dem äusseren Theile des Holzringes sehr vereinzelt vor, so dass man oft in einem ganzen Gesichtsfelde kein einziges antrifft. Dagegen finden sich regelmässig Spiralgefässe an der dem Marke zugekehrten Seite des Holzcylinders.

An der Innenseite des letzteren treten schwache, im Kreise stehende Cambiumbündel auf, dessen nach aussen gebildetes Xylem sich an das des äusseren Holzringes anlegt, während nach innen, dem Marke zu, Weichbast erzeugt wird.

Der Markcylinder wird gebildet aus nahezu isodiametrischen Zellen. Gruppen dieser Zellen verdicken später ihre Membranen sehr stark; die Verdickungen sind durch zahlreiche Tüpfel unterbrochen.

Endlich sind die von David 1) beschriebenen, zahlreichen verzweigten Milchzellen zu erwähnen, deren Hauptstämme auch in das Mark hinein bei den inneren Bastbündeln vorbei Auszweigungen entsenden.

14. Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln. Luftwurzeln können sich an jeder vom Lichte abgewendeten Seite des Stammes ohne Ordnung entwickeln. Sie haben ihren Ursprung im Cambium desselben und wurden zuerst von Fockens2) untersucht und beschrieben. Unter der Epidermis (Taf. XVII. Fig. 17), deren Zellen häufig zu Wurzelhaaren auswachsen, folgt ein einreihiges Hypoderm. Die Zellen desselben sind verhältnissmässig gross, im Längsschnitt kurz und in radialer Richtung gestreckt. Ihre äusseren Membranen zeigen eine stärkere Verdickung und dunklere Färbung. Dieses von Fockens als "Rudiment einer Wurzelhülle" bezeichnete Hypoderm umgiebt das acht- bis zehnschichtige Rindenparenchym, dessen innerste Zellreihe deutlich zur Endodermis entwickelt ist. Einzelne Rindenzellen enthalten Krystalldrusen von gleicher Zusammensetzung, wie sie in der Rinde und dem Baste des Stengels vorkommen. Ausserdem befinden sich inmitten der Wurzelrinde Gruppen stark verdickter Zellen, deren Lumen oft sehr klein ist, und deren Verdickungen von wenigen Tüpfeln durchbrochen sind. Zuweilen liegen diese melir oder weniger runden Steinzellen auch vereinzelt. Die Endodermis umgiebt den mit einer rhizogenen Schicht beginnenden Centralcylinder. In diesem liegen zwei bis fünf (nicht wie Fockens beschreibt stets drei) Xylemplatten, welche in eine Art von Stern gestellt sind und Treppen-, Spiral- und Ringgefässe in der gewöhnlichen Anordnung enthalten. Zwischen ihnen liegen die Weichbastbündel, deren Zahl derjenigen der Xylemstrahlen entspricht. Das die Xylemplatten verbindende Füllgewebe, welches aus prosenchymatischen Zellen besteht, erleidet beim Aelterwerden der Wurzel ebenfalls eine Structurveränderung. Vom Xylem aus verdicken sich die Membranen dieses Gewebes stark, so dass ein zwei- bis fünfkantiges, aus prosenchymatischen Sclerenchymfasern zusammengesetztes Prisma resultirt. Später, indem die Verdickung der Zellen des Centralcylinders fortschreitet, geht die im Querschnitte mehr oder weniger deutliche Sternform in eine länglich ovale über.

<sup>1)</sup> cf. David: "Ueber Milchzellen der Euphorbiaceen, Moreen, Apocineen, Asclepiadeen." Breslau 1872.

<sup>2)</sup> Fockens: "Ueber die Luftwurzeln der Gewächse." In. Diss. m. 4 Taf. Göttingen 1857 p. 63. 71.

Im Querschnitte sind die Holzgefässe wenig von den Sclerenchymfasern zu unterscheiden, dagegen tritt der Weichbast durch seine stark glänzenden Zellmembranen deutlich hervor. Das Scheitelwachsthum der Luftwurzeln bildet nach Erikson 1) den Uebergang von Typus I. zu II., da Rinde und Haube nur undeutlich von einander zu unterscheiden sind.

15. Verwachsung der Luftwurzeln. Die Verwachsung der Luftwurzeln erfolgt in derselben Weise, wie oben bei denen des Epheus beschrieben wurde (Taf. XVII. Fig. 19). Nähern sich zwei Beiwurzeln, so wachsen ihre Epidermiszellen in Papillen aus, in den meisten Fällen sehr regelmässig. Sie stossen endlich von entgegengesetzten Seiten aus auf einander, platten sich eckig ab und verwachsen mit einander. Das so entstandene, verbindende Scheinparenchym wird aus radial gestreckten Zellen gebildet und besteht in vielen Fällen nur aus den zwei Reihen mit einander verwachsener Epidermiszellen, da nur sehr vereinzelt sich Theilungen durch Periclinen und Anticlinen geltend machen. Die von der Berührungsstelle entfernteren Epidermiszellen wachsen auch bei Hoya zu Wurzelhaaren aus, doch sind diese meist kürzer und verwirren nicht den Schnitt, wie es bei den Epheuwurzeln häufig der Fall ist.

Die Vereinigung der Adventivwurzeln der Wachsblume ist loser als bei denen von Tecoma und Hedera; nie konnte ich an dem Verbindungsgewebe die Differenzirung einer besonderen Epidermis beobachten wie bei den klumpenförmigen Verwachsungen der Epheuluftwurzeln. Auch hier ist die Vereinigung der jungen Wurzel mit dem umgebenden, theilungsfähigen Gewebe des Stammes stets zu constatiren. Während die Wurzel hervorbricht, drängt sie die Hartbastbündel und die Rindenschichten zur Seite, vereinigt sich aber innig mit dem Bastparenchym, so dass hier keine Grenze zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist.

Die Verwachsung der Luftwurzeln von Hedera und Hoya ist wie die bei Tecoma nur eine Rindenverwachsung; eine eingreifende Veränderung der betreffenden Theile ist daher auch hier nicht zu beobachten. Die Verwachsung wird meist dadurch veranlasst, dass die Beiwurzeln zu geringen Raum zur selbstständigen Entwickelung haben und dass an den Contactflächen durch den gegenseitigen Druck ein Wachsthumsreiz auf beide Theile ausgeübt wird. Dieser ist jedoch gering und führt nur zu einer sehr oberflächlichen Vereinigung durch ein schwaches Zwischengewebe ohne differenzirte Epider-

<sup>1)</sup> cf. Erikson l. c. p. 423. Fig. 9.

mis (wie bei Hoya carnosa) oder zu einer innigen Verwachsung, wobei das Verbindungsgewebe eine besondere Epidermis differenziren kann, welche sich mit der Epidermis der im Verwachsungsprocesse begriffenen Theile vereinigt (die bartförmigen Vereinigungsmassen von Hedera Helix zeigen dies) oder endlich es sind die Luftwurzeln von Anfang an von einem gemeinsamen Dermatogen und damit von einem gemeinsamen Rindenparenchym umgeben (wie bei der Verwachsung der Luftwurzeln von Tecoma radicans).

## III. Verwachsung von Wurzeln, bei denen Borkenbildung eingetreten ist.

16. Zwei Hauptgründe, dass eine Vereinigung der Luftwurzeln von Tecoma radicans, Hedera Helix und Hoya carnosa bis zum Centralcylinder nicht eintritt, sind, glaube ich, die kurze Vegetationszeit und das geringe Dickenwachsthum der Beiwurzeln. Beide Bedingungen sind im Gegensatz zu den oben besprochenen Fällen bei dem Zusammentreffen älterer Pflanzentheile gegeben, welche stärkeres Dickenwachsthum besitzen.

Auch hier habe ich mich auf die Verwachsung von Wurzeln beschränkt; doch ist wohl anzunehmen, dass die Vereinigung von Stämmen oder Aesten in keiner von der der Wurzeln verschiedenen Art vor sich geht. Meine Versuche, den fortschreitenden Hergang einer Verwachsung direct zu verfolgen, schlugen fehl. Diesbezügliche Versuche stellte ich an Zweigen von Ficus scandens in den Treibhäusern des Herrn Obergärtner Schütz hierselbst an, welcher mir dabei vielfache Hülfe leistete. Zweige, theils mit verletzter Rinde, theils bis auf das Holz bloss gelegt, theils unversehrt wurden zusammengebunden; doch nirgends und zu keiner Zeit, sogar nachdem sie an zwei Monate vereinigt geblieben, war Callusbildung eingetreten: die blossgelegten Gewebeschichten waren unter Austritt gummi- und harzartiger Stoffe abgestorben.

Ich erwähnte bereits, dass es mir nicht gelungen sei, beginnende Verwachsungen jüngster Wurzeln im Walde zu finden. Es scheint mir nicht wahrscheinlich, dass junge Wurzeln mit noch entwickelungsfähiger Epidermis mit älteren Wurzeln, bei denen bereits Borkenbildung eingetreten ist, verwachsen. Begegnen sich zwei Wurzeln so verschiedenen Alters, so legt sich die junge Wurzel einfach an die Borke der alten an, ohne irgend welchen Einfluss auf die Entwickelung dieser auszuüben, bis sie nach einer Anzahl von Jahren durch Dickenwachsthum genügend erstarkt ist, um gegen die Einwirkung der älteren Wurzel reagiren zu können, indem auch sie

nun die Verdrängung der abgestorbenen Borke an der Berührungsstelle befördern hilft. Erst nachdem dieses geschehen, ist eine Verwachsung beider möglich.

Die von mir angestellten Beobachtungen und Untersuchungen ergaben in Bestätigung und theilweiser Ergänzung der früheren vorzüglich durch Göppert und neuerdings auch durch Seidel festgestellten Ansichten, dass drei Umstände zusammenwirken müssen, um eine Vereinigung von Pflanzentheilen zu ermöglichen: erstens gegenseitiger Druck<sup>1</sup>), zweitens die Natur der Pflanzen (nur Individuen derselben Art können mit einander verwachsen) und drittens die Beschaffenheit der auf einander treffenden Gewebe. Keineswegs alle Gewebe einer Pflanze haben die Fähigkeit zu verwachsen, sondern nur diejenigen, deren Zellen theilungsfähig sind. So können Rindenparenchym, Weichbast und Cambium, nie aber Hartbast und Holz sich vereinigen. Ebenso können junge, theilungsfähige Gewebe sich nicht mit abgestorbenen oder theilungsunfähigen vereinigen.

17. Zur mikroskopischen Untersuchung von Verwachsungen wählte ich die Wurzeln von Fagus sylvatica. Während die ersten Erscheinungen des Vereinigungsprocesses dieselben sind, wie sie Göppert an Coniferenwurzeln beschrieb, modificirt sich die Verwachsung der Holzkörper, welche nicht ohne weiteres in Verbindung treten. Begegnen sich zwei Buchenwurzeln, so üben sie in Folge ihres Dickenwachsthums einen gegenseitigen Druck auf einander aus. Hierdurch werden Theile der Borke, Rinde und des Bastes nach aussen gedrückt, wobei eine vorübergehende Vereinigung der Rindengewebe sehr wohl eintreten kann. Nicht alle Borken- und Rindenpartien jedoch werden nach aussen gedrängt, ein Theil bleibt an der Contactfläche eingeschlossen und trennt die innern Holzkörper von einander. Die Verwachsung dieser wird durch das Markstrahleambium vermittelt; denn die theilungsunfähigen älteren Holzgewebe selbst sind auch nicht vereinigungsfähig. Während die an der Berührungsfläche eingeschlossenen Holzcambiumlagen ihre Thätigkeit bald einstellen, breiten sich die Markstrahlen, welche vielfache Ablenkungen in ihrer ursprünglichen Richtung erleiden, an den Contactflächen fächerförmig aus und bilden ein intermediäres, theilungs- und verwachsungsfähiges Gewebe. Dieses theilt sich nach allen Richtungen hin und drückt die eingeschlossenen braunen, inselartige Partien bildenden Rinden- uud Borkenstücke mehr und mehr zusammen. Stossen die Markstrahlge-

<sup>1)</sup> Gegenseitige Reibung ist wohl nur als ein vom Drucke bedingtes Moment anzuschen, welches freilich fördernd in den Vereinigungsprocess eingreift.

webe beider Wurzeln aufeinander, so vereinigen sie sich und verbinden somit die Holzkörper der Wurzeln. Vielleicht übt das Markstrahlencambium einen auflösenden Einfluss auf die eingeschlossenen Gewebe aus, so dass diese von jenem resorbirt werden, und der trennende Zwischenraum im Innern der beiden in Verwachsung begriffenen Wurzeln endlich ganz von dem verbindenden, intermediären Markstrahlengewebe ausgefüllt wird. Schliesslich stossen auch die Cambiumringe an den Seiten auf einander und vereinigen sich zu einem die beiden Wurzeln umhüllenden Cambiummantel; von nun an legen sich daher die Jahresringe gemeinsam um die verwachsenen Holzkörper.

18. Der Vorgang der innern Verwachsung zweier sich vereinigender Rothbuchenwurzeln erinnert vielfach an den Veredelungsprocess von Bäumen und Sträuchern, wie ihn Göppert1) beschrieben hat. Hier wie dort erkennt man ein aus den Markstrahlen resultirendes, intermediäres Zellgewebe, welches die völlige Vereinigung der betreffenden Theile herbeiführt. In beiden Fällen vollzieht sich die Vereinigung nicht in einem Jahre, beansprucht vielmehr zwei bis drei Jahre. Von zwei untersuchten, mit einander verwachsenen Buchenwurzeln war die eine etwa vier, die andere elf Jahre alt, als sie sich trafen. Sie entwickelten, gegen einander wachsend, den fünften resp. zwölften Jahresring, welche sich jedoch nicht trafen, sondern blos an der Contactfläche beider Wurzeln vielfache Einbuchtungen in Folge gegenseitigen Druckes erlitten. Auch der sechste, resp. dreizehnte Jahresring vereinigte sich noch nicht; sie waren vielmehr an der Berührungsstelle getrennt durch das bereits in Thätigkeit getretene Markstrahlengewebe, in welches sie mehr oder minder deutlich übergingen. Erst nach Verlauf dieser Zeit wurden Borke, Rinde und Bast so weit verdrängt, dass die Cambiumringe aufeinander stossen und verwachsen konnten, und von nun an sind der siebente, resp. vierzehnte und die folgenden Jahresringe beiden Wurzeln gemeinsam. Die ersten dieser gemeinsamen Jahresringe sind naturgemäss an den Seiten der Contactfläche eingebogen; doch gleichen sich allmählich die Einbuchtungen aus. - Der Verwachsungsprocess unterscheidet sich aber von dem der Veredelung dadurch, dass bei diesem eine deutliche Demarkationslinie (Göppert) zu erkennen ist, welche dort fehlt. Die Vereinigungsstelle zweier Rothbuchenwurzeln ist vielmehr gekennzeichnet durch die dunklere Färbung des Holzes und die eng bei einander liegenden Markstrahlen, welche stellenweise sehr verbreitert und dunkler gefärbt sind.

<sup>1)</sup> cf. Göppert: "Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher." Cassel 1874.

19. Mit der Verwachsung Hand in Hand geht eine Dislocation der Jahresringe in Folge gegenseitigen Druckes, welchen die sich vereinigenden Wurzeln auf einander ausüben. Auf diese durch Druck veranlassten Veränderungen der Richtung der Gewebe hat zuerstSchwendener1) aufmerksam gemacht. Die Jahresringe (Taf.XVII. Fig. 20) werden an der Contactfläche der Wurzeln in ihrer normalen, kreisförmigen Ausbildung gehindert, sie sind an dieser Stelle merklich schwächer und concav nach innen gebogen, während sie an den Seiten der Berührungsfläche stärker als sonst entwickelt sind. Diese Ablenkung ist besonders stark bei den Jahresringen, welche sich während des Verwachsungsprocesses der Wurzeln bilden, macht sich aber auch schon bei denjenigen geltend, welche sich von dem Zeitpunkte des Aufeinandertreffens der Wurzeln entwickeln, doch so, dass die concaven Einbiegungen nach dem Centrum zu schwächer werden, um endlich ganz aufzuhören. Die schon vor der Berührung der Wurzeln fertigen Jahresringe, die sich völlig normal, kreisförmig ausbilden konnten, erleiden keine nachträgliche Aenderung, wie ich im Gegensatz zu Schwendener annehmen möchte. Dagegen ändert sich die Richtung der Markstrahlen, welche unter normalen, ungestörten Vegetationsverhältnissen ein System orthogonaler Trajectorien (Schwendener) zu den Jahresringen bilden. Sie wenden sich nach aussen und stellen sich in Folge vielfach gestörter Wachsthumsverhältnisse häufig schiefwinklig zu den Jahresringen. Innerhalb dieser, auch der bereits vor der beginnenden Verwachsung der Wurzeln gebildeten, sind sie häufig gebogen, nicht selten sogar doppelt. Die schon vor dem Aufeinanderstossen der Wurzeln fertigen Theile der Markstrahlen erfahren ebenfalls keine Ablenkung.

Der durch das Dickenwachsthum zweier in Verwachsung begriffener oder überhaupt in ihrem Wachsthum sich hindernder Pflanzentheile hervorgerufene Druck beeinflusst also die Structurverhältnisse der betreffenden Theile, indem er eine Ablenkung der Gewebe von ihrer ursprünglichen Wachsthumsrichtung veranlasst.

20. Vollkommene d. h. Holzverwachsungen gestatten, worauf schon Göppert und nach ihm Seidel hingewiesen haben, den verwachsenen Theilen gegenseitige Ernährung. Es gelang mir einen, wie ich meine, schlagenden Beweis für diese Ansicht zu finden (ebenfalls am Zobtenberge, District 2), und ich stehe nicht an dieses

<sup>1)</sup> cf. Schwendener: "Ueber die durch Wachsthum bedingte Verschiebung kleinster Theilehen in trajectorischen Curven." Monatschrift d. Kgl. Ac. d. Wiss. z. Berlin. April 1880 p. 424. Taf. II. Fig. 9.

Beweisstück den vielen anderen, besonders von Göppert gegebenen, hinzuzufügen. Drei Rothbuchenstämme wachsen in geringer Entfernung von einander. Je zwei von ihnen sind in einer Höhe von etwa 10' durch einen wagerechten Ast innig mit einander verwachsen. Auf eine nicht mehr festzustellende Weise wurde der eine Stamm unterhalb der Verwachsungsstelle vernichtet, so dass jeglicher Zusammenhang mit dem darunter stehenden Stumpfe verloren ging und das Stammende unterhalb der Verwachsung durch den wagerechten Ast in langen Holzsplittern und Fetzen frei in die Luft ragt. Trotzdem vegetirt der über der Vereinigung befindliche Stammwipfel weiter. Festgehalten und ernährt vom benachbarten Stamme durch Vermittelung des wagerechten Astes treibt er Zweige, Blätter und Blüthen und steht den beiden andern Stämmen kaum an Ueppigkeit nach, während auf dem etwa 1,5' hohen, längst verrotteten Stumpfe Waldkräuter und junge Sträucher ihren Wohnsitz aufgeschlagen haben.

Rinden- und Holzverwachsungen kommen nur zwischen Individuen derselben Art vor (ausgenommen sind nach Göppert Tanne und Fichte); nie aber findet eine Vereinigung verschiedener Arten statt.

Ich fand eine Eichenwurzel, welche von zwei mit einander verwachsenen Fichtenwurzeln umwachsen und so fest zwischen diese eingekeilt war, dass sie nur durch Zerstörung der Fichtenwurzeln loszulösen war. Trotz gewaltigen Druckes, wie man aus den vielfachen Ablenkungen der Jahresringe und Markstrahlen insbesondere bei der Eichenwurzel bemessen konnte, war keinerlei Vereinigung von Eichen- und Fichtenwurzeln eingetreten. Besonders an einer Stelle war die Grenze zwischen der helleren Eichenrinde und der dunkleren Fichtenrinde deutlich zu erkennen. An den meisten Stellen waren die Rinden- und Borkentheile verrottet, wozu sich seitens der Fichtenwurzeln auch reichlicher Harzausfluss gesellte. Das Original stammt ebenfalls aus dem Zobtener Reviere.

Hieraus ergiebt sich von selbst, dass Pflanzen verschiedener Art sich nicht ernähren können.

21. Zusammenfassung der eigenen Untersuchung. Nach der Beschaffenheit der verwachsenden Pflanzentheile unterscheiden wir I. congenitale Verwachsung, II. Verwachsung von Pflanzentheilen mit entwickelungsfähiger Epidermis, III. Verwachsung von Pflanzentheilen mit peridermatischer Borkenbildung. Die beiden ersteren sind immer nur unvollkommene d. i. Rindenverwachsungen, während bei der letzten meist vollkommene d. i. Holzverwachsungen zu Stande kommen, welche eine gegenseitige Ernährung der verwachsenen Theile ermöglichen.

Congenitale Wurzelverwachsung beobachtet man an den Luftwurzeln derselben Reihe bei Tecoma radicans. Die Adventivwurzeln von Tecoma brechen in 4 Wurzelbündeln an bestimmten Stellen des Stengels hervor, in deren Epidermis trichterförmige, kurzgestielte Köpfchendrüsen eingesenkt sind und dessen Gefässbundelsystem von einer als Schutzscheide auftretenden Stärkeschicht umgeben ist. Die in normalen Fällen aus je 4 Wurzelreihen zusammengesetzten 4 Wurzelbüschel stehen, 2 an der Vorder-, 2 an der Hinterseite des Stengels unterhalb der Blattbasis, von wo aus sie sich abwärts in basifugaler Richtung entwickeln. Die Wurzeln einer Längsreihe haben ihren Ursprung in einer gemeinsamen, theilungsfähigen, rhizogenen Längszone des Cambiums, in welcher später Vegetationspunkte auftreten, die sich selbstständig zu Wurzeln weiter entwickeln. Ihre Pleromeylinder bleiben stets getrennt und vereinigen sieh niemals mit einander; sie liegen serial geordnet in dem gemeinsamen Periblem, welches von einem gemeinsamen Dermatogen begrenzt ist. Auch die Wurzeln benachbarter, durch Hartbastbündel getrennter Reihen verwachsen noch innerhalb des Stammes, oft sehr zeitig, so dass sämmtliche Wurzeln eines Bündels im Stamme und noch etwa 0,5 mm. ausserhalb desselben durch Rindenverwachsung verbunden sind. einem gemeinsamen Rindenparenchym, welches von einem gemeinsamen, einschichtigen Hypoderm und von einer gemeinsamen Epidermis umgeben ist, liegen in 4 Reihen serial angeordnet die Centralcylinder. Sobald die Luftwurzeln freieren Raum zur Entwickelung erlangt haben, trennen sie sich von einander. Die Trennung erfolgt von aussen nach innen; es trennen sich zuerst die Wurzelreihen von einander, dann die einzelnen Wurzeln derselben Reihe.

Die zweite Art der Verwachsung wurde bei den Luftwurzeln von Hedera Helix und Hoya carnosa constatirt. Sie hat ein Analogon in der Verwachsung des Sporogons von einigen Bryophyten (z. B. Anthoceros) mit der Frons. Nähern sich zwei Luftwurzeln, so wachsen an den einander genäherten Stellen die Epidermiszellen zu Papillen aus, stossen von entgegengesetzten Seiten aufeinander, platten sich ab und verwachsen, nachdem sie vorher durch die Substanz ihrer vereinigungsfähigen Zellmembranen zusammenklebten. Mehr oder weniger auftretende, tangentiale und radiale Scheidewände erzeugen ein die Wurzeln verbindendes Scheinparenchym, bei welchem es, wie bei Hedera, zur Differenzirung einer besonderen Epidermis kommen kann, welche mit den Oberhäuten der verwachsenden Wurzeln in Verbindung tritt. Bei Hoya ist das die Wurzeln verbindende, intermediäre Gewebe dünn, meist zweischichtig und auf die beiden verwachsenen

Epidermiszellreihen beschränkt. Die Differenzirung einer besonderen Epidermis des Verbindungsgewebes konnte nicht beobachtet werden. — Auch der Stamm von Hoya carnosa zeigt eine als gemeinschaftliche Schutzscheide zu deutende Stärkeschicht, deren Zellen sich im Laufe der Zeit stark verdicken. Verdickte getüpfelte Sclerenchymzellen kommen gruppenweise im Marke des Stengels vor. Die Anzahl der Xylemplatten und der Bastbündel in den Luftwurzeln schwankt bei Hedera Helix zwischen 4 und 7, bei Hoya carnosa zwischen 2 und 5. Die Zellen des die Xylemplatten verbindenden Füllgewebes sind bei den Luftwurzeln aller drei betrachteten Pflanzen, bei Tecoma, Hedera und Hoya, lang prosenchymatisch und verdicken sich im Laufe ihrer Entwickelung sclerenchymartig.

Drei Bedingungen müssen erfüllt sein, um eine Vereinigung von Pflanzentheilen zu ermöglichen: 1. die betreffenden Theile müssen einen gegenseitigen Druck auf einander ausüben, 2. die Pflanzen müssen derselben Art angehören; Verwachsung zwischen Individuen verschiedener Species ist noch nicht beobachtet, mit Ausnahme von Tanne und Fichte (Göppert), 3. die Gewebe, mit denen die betreffenden Pflanzentheile an den Contactflächen zusammentreffen, müssen noch theilungsfähig sein, wobei vermuthlich durch eine verkittende Substanz ihre Zellmembranen adhäriren. So sind Rindenparenchym, Weichbast, Cambium, nicht aber Periderm, Hartbast und Holzgewebe verwachsungsfähig; ebenso verwachsen junge theilungsfähige Gewebe niemals mit theilungsunfähigen Geweben.

Bei den Dicotyledonenwurzeln mit Cambiumcylinder, speciell bei denen der Rothbuche, geht die vollkommene d. i. Holzverwachsung auf eine doppelte Weise vor sich.

Die Borken- und Rindenschichten werden an der Berührungsfläche durch den Druck der verwachsenden Wurzeln theilweise nach
aussen gedrängt; ein anderer Theil der Borke, Rinde und des Bastes
wird zwischen den Wurzeln an der Contactfläche eingeschlossen, verrottet und bildet braune, inselartige Partien zwischen den beiden
Holzkörpern. Das Holzcambium stellt an der Contactfläche seine
Thätigkeit ein; dagegen breiten sich die Markstrahlen fächerförmig
aus und bilden durch vielfache Theilungen nach allen Richtungen hin
ein intermediäres, verbindendes Meristemgewebe, welches die eingeschlossenen, abgestorbenen Elemente verdrängt, vielleicht resorbirt
und sich mit dem gleichen Markstrahlengewebe der anderen Wurzel
vereinigt, so dass der Raum zwischen den Holzkörpern der beiden
Wurzeln schliesslich ganz von dem Verbindungsgewebe ausgefüllt
wird. Endlich stossen die Cambiumzonen seitlich auf einander, ver-

einigen sich und entwickeln gemeinsame Jahresringe. Dieser Verwachsungsprocess beansprucht wie der Veredelungsprocess mehrere Jahre.

In Folge des gegenseitigen Druckes, welchen das Dickenwachsthum sich vereinigender oder überhaupt in ihrer Entwickelung sich beeinträchtigender Wurzeln veranlasst, erleiden Jahresringe und Markstrahlen mannigfache Richtungsveränderungen. Die Ablenkung der Jahresringe und Markstrahlen tritt ein, sobald sich die beiden Wurzeln mit ihrer Rindenfläche berührten, und noch ehe die Verwachsung stattgefunden hat; sie schwächt sich jedoch nach dem Markcylinder zu ab und ist an der Verwachsungsstelle am stärksten. Die vor der Berührung fertigen Holzgewebe erleiden keine Veränderung. Die unter normalen Verhältnissen ein System orthogonaler Trajectorien (Schwendener) zu den Jahresringen bildenden Markstrahlen wenden sich nach der Seite des geringsten Druckes, nach aussen, wobei sie durch ihren dichten Verlauf die Vereinigungsstelle der Wurzeln bezeichnen und schneiden häufig unter spitzen Winkeln die Jahresringe. Innerhalb dieser, auch der schon vor der Verwachsung fertigen Jahresringe sind die Markstrahlen gebogen, oft geschlängelt. Die Neubildungen in verwachsenden Wurzeln verhalten sich demnach wie eine plastische Masse, deren Ausbildung durch verschiedene Druck- und Zugkräfte bedingt ist.

Breslau, März 1881.

## Figuren-Erklärung.

#### Tafel XVI.

#### Tecoma radicans Juss.

- Fig. 1. Stammstück mit den 4 Luftwurzelbüscheln.
- Fig. 2. Schematischer Querschnitt durch den Stamm dicht unterhalb der Blattbasis. m. Markeylinder, h. Holzring, e. Cambium, b. Bastring, w. Luftwurzelbüschel, st. Stärkeschicht.
- Fig. 3. Querschnitt durch den Stamm. kd. Köpfchendrüse, ep. Epidermis, hy. Hypoderm, r. Rindenparenchym, st. Stärkeschicht, hb. Hartbastbündel, wb. Weichbast, c. Cambium, h, Holz, eg. endogenes Gefässbündel.
- Fig. 4. Stärkeschicht (st.) im Längssehnitt, r. Rindenparenchym, b. Bast.
- Fig. 5. 2 junge am Scheitel durch das Dermatogen (d.) zusammenhängende, durch ein Hartbastbündel (hb.) am Grunde getrennte Luftwurzeln, pe. Periblem, pl. Plerom, c. Cambium des Stammes.
- Fig. 6. Längsschnitt durch die in unregelmässiger Zellvermehrung begriffene Scheitelkante (sk.) einer Wurzelreihe.
- Fig. 7. Längsschnitt durch eine Wurzelreihe; die Plerome (pl.) sind von einander getrennt, Periblem (pe.) und Dermatogen (d.) sind sämmtlichen Wurzeln gemeinsam.
- Fig. 8. Querschnitt durch 2, bei x. noch zusammenhängende Luftwurzeln. Der Centralcylinder mit Endodermis (e.), rhizogener Schicht (rh.), den 4 Holzplatten (h.), 4 Bastbündeln (b.) und beginnender Verdickungsleiste (vl.).
- Fig. 9. Querschnitt durch ein Luftwurzelbüschel; die 4 Luftwurzelreihen und die Wurzeln sind in Trennung begriffen.
- Fig. 10. Theilweiser Längsschnitt durch 2 am Scheitel durch das Dermatogen (d.) noch verbundene Luftwurzeln; das Hartbastbündel (hb.) ist durchbrochen, ein Theil nach aussen gedrängt, der andere zwischen den Wurzeln in die Länge gezogen.
- Fig. 11. Querschnitt von 3 sich trennenden Luftwurzeln, die punktirten Linien deuten die zukünftigen Umrisse der Wurzeln an.

#### Tafel XVII.

#### Hedera Helix L.

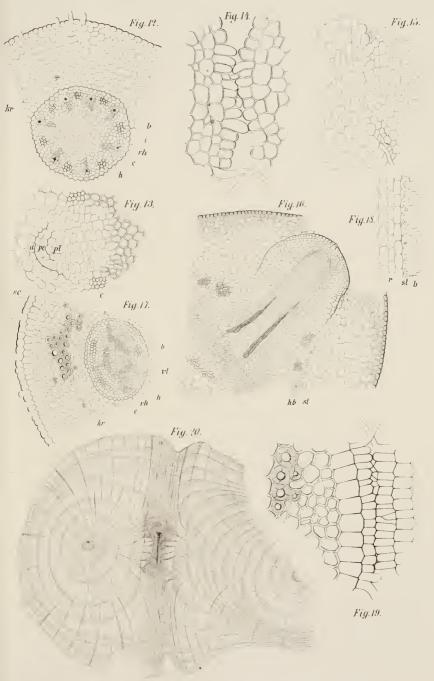
- Fig. 12. Querschnitt durch eine Luftwurzel. e. Endodermis, rh. rhizogene Schicht, b. Bastbündel, h. Holzplatten, i. Intercellulargang, kr. Kristalldrusen.
- Fig. 13. Entstehung der Luftwurzel. d. Dermotogen, pe. Periblem, pl. Plerom, c. Cambium.
- Fig. 14. Querschnitt durch 2 Luftwurzeln an der Stelle der Verwachsung, die Epidermiszellen gegen einander wachsend.
- Fig. 15. Querschnitt durch das Verbindungsgewebe zweier Luftwurzeln, die Zell-Theilungen durch Periclinen zeigend.

#### Hoya carnosa R. Br.

- Fig. 16. Querschnitt durch den Stengel mit hervorbrechender Luftwurzel (im Längsschnitt), hb. Hartbastbündel, st. Stärkeschicht.
- Fig. 17. Querschnitt durch eine Luftwurzel. e. Endodermis, rh. rhizogene Schicht, b. Bastbündel, h. Holzplatten, vl. Verdickungsleiste, kr. Krystalldrusen, sc. Sclerenchymzellen.
- Fig. 18. Stärkeschicht (st.) im Längsschnitt. r. Rindenparenchym, b. Bast.
- Fig. 19. Querschnitt durch die Verwachsungsstelle zweier Luftwurzeln.

## Fagus silvatica L.

Fig. 20. Querschnitt durch 2 verwachsene Wurzeln, die durch den Druck abgelenkten Markstrahlen und Jahresringe zeigend. © Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.a



## ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Biologie der Pflanzen

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: 3 3

Autor(en)/Author(s): Franke M.

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen 307-

<u>334</u>